

第9回 道路構造物の維持管理

講師：萩原 裕樹*1・長谷 俊彦*2

1. はじめに

道路橋床版更新における基礎知識について、第9回では道路構造物の維持管理について説明します。道路構造物の維持管理では、定期的な点検とそれによる状態の把握が基本であり、適切な判断・措置が必要です。点検により変状や損傷が確認された場合には、適切な診断のもと、適切な措置を講じることで構造物を健全に保つことができます。東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)（以下、NEXCO）では、保全点検要領¹⁾や設計要領²⁾等に基づき、道路構造物の維持管理を行っています。

今回は、点検、診断、措置、記録の一連の維持管理の流れのうち、点検と診断について説明します。また、維持管理サイクルを補助する役割であるモニタリングについて説明します。

2. 点 検

維持管理は、点検、診断、措置（補修・補強）、記録のサイクルで実施します。点検から対策までの基本的な流れを図-1に示します。NEXCO 保全点検要領では、点検は、初期点検、日常点検、基本点検、詳細点検に区分され、各点検で頻度や方法が定められています（表-1）。各点検は、インフラ全体としてその機能を発揮し続けるためのさまざまな観点から確認を行うものであり、おのおのが独立して行われては意味がありません。このため、各点検結果をほかの点検時に活用できるように適切に記録、蓄積するとともに、点検に携わる者はこれらの情報を踏まえたうえで、点検に臨む必要があります。

初期点検は、主に、新規供用区間を対象としたものです。供用後においても、改築あるいは構造物の構造系を大

きく変更した場合も行います。構造物の構造系を大きく変更した場合とは、本講座のテーマである床版取替えや、桁

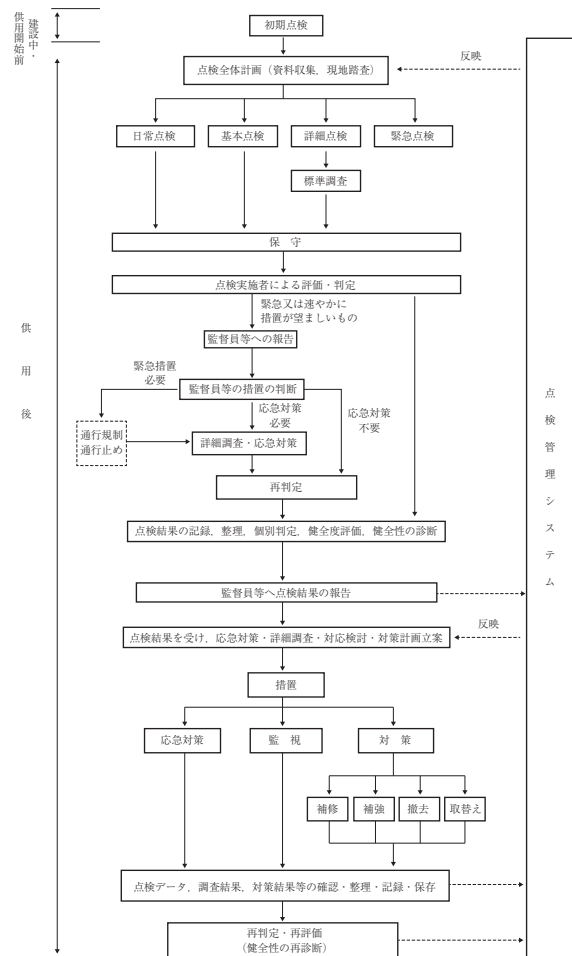


図-1 点検から対策等までの基本的な流れ

表-1 点検区分

区分	内容	方法	頻度
初期点検	構造物等の初期状態を把握するために行うもの	近接目視や触診、打音	供用開始前および構造系の変更時等
日常点検	安全な道路交通を確保し、第三者等被害を未然に防止するために、構造物の変状発生状況等を日常的に確認するもの	車上目視、車上感覚、遠望目視を適宜組み合わせて実施、必要に応じて降車確認	交通量により4～7日以上/2週
基本点検	管理区間全体の構造物の状態を把握するもの	近接目視または遠望目視	1回以上/年
詳細点検	構造物の健全性の把握および第三者等被害を未然に防止するために、構造物個々の状態を細部にわたり定期的に把握するもの	近接目視や触診、打音	1回以上/5年

*1 Yuki HAGIHARA : (株) 高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室 主任研究員

*2 Toshihiko NAGATANI : (株) 高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室 室長

補強、耐震補強等が該当します。なお、初期点検時には、工事中の変状や災害および補修履歴等の記録も収集し、その後の維持管理に活用できるように構造物の初期状態に関する基本的なデータを整理する必要があります。

日常点検は、主に、本線内から確認できる範囲を対象に車上目視や車上感覚により点検を行うものですが、必要に応じて降車して変状を確認します。日常点検の頻度は、本線の路面変状に占める緊急補修が必要な変状の発生頻度を分析し設定した標準的なものであり、点検間隔については可能なかぎり等間隔とすることを基本としています。また、安全な道路交通または第三者等に対し支障となるおそれがある箇所（標識、伸縮装置、ICやJCTのランプ橋等本線と交差する構造物の交差箇所等）については、2回/年程度降車しての遠望目視による点検を実施し、変状が確認された場合は可能なかぎり近接目視を行うことを基本としています。

基本点検は、維持管理計画等を立案するための基礎資料を得るために管理区間全体の構造物の状態を全般的に把握する必要があることから、1回以上/年実施するものです。そのために、積雪や雑草の繁茂等で点検が実施できないことがないように、点検実施時期の調整と実施期間の設定等を検討し、点検計画を策定することが必要となります。

詳細点検は、法令（道路法施行規則第四条の五の六）で規定されている点検であり、構造物の健全性の把握や第三者への被害を未然に防止するため、構造物の状態を細部にわたり定期的に把握するために行うものです。また、「構造物の健全性を把握するために行う詳細点検」と「第三者等に対する被害を防止する観点から行う詳細点検」の双方の観点から変状の発生や進行状況を把握し、変状の状態を適切に判定、評価および診断する点検です。点検結果は、おのおの変状に対し、個別判定と健全度評価により診断を行います。個別判定および健全度評価については、詳しく後述します。

3. 判定・評価・診断

3.1 個別判定

各点検の結果は、構造上の部位・部材ごと、変状の種類ごとに変状を把握するものと、第三者等への被害を及ぼすおそれの程度を把握するものがあり、定められた判定区分により構造上の部位・部材ごとに個別判定を行います（表 - 2）。

判定区分は、構造物の機能面からみた変状、変状原因、変状の進行可能性等から次回の詳細点検までに必要な措置や調査の有無を判定するため、AAA、AA、A1、A2、B、OK、Cの7区分とし、第三者等被害に対する影響程度を判定するE、e、の2区分としています。構造物の機能面とは、本体構造物と付属物で必要とされる機能を指し、判定ではその違いを理解し、おのおの影響を考慮したうえで適切に評価することが重要です。

また、変状が第三者等に対して支障となる被害が発生するおそれのある箇所のうち、緊急的な措置が必要となる場合にはEとし、緊急的な措置が不要な場合はeとしています。これは、たとえば機能面からみると軽微な変状と考

表 - 2 NEXCOにおける個別の変状に対する判定区分

判定区分	定義	
変状に対する判定	AAA	変状が極めて著しく、緊急措置が必要な状態
	AA	変状が著しく、速やかな措置が必要な状態
	A1	変状があり、早期に措置が必要な状態
	A2	変状があり、適切な時期に措置を行うことが望ましい状態
	B	変状があり、変状の進行状態を継続的に監視する必要がある状態
	OK	変状のないまたは措置を必要としない変状がある状態
	C	変状に対する判定を行うために、調査を実施する必要がある場合
第三者等被害に対する判定	E	安全な交通または第三者等に対し支障となる恐れがあるため、緊急的な措置が必要な状態
	e	第三者等に対し、影響を及ぼす場所

えられるコンクリート表面の小さな剥離が、その発生した位置によっては、橋梁の下を通行する車両や歩行者等に被害を及ぼす可能性があることを想定したものです。

コンクリート床版の判定区分では、変状の種類として初期欠陥、劣化による変状、構造・外力による変状、水しみ・漏水に大別され、それぞれ、ひび割れや浮き・剥離、鉄筋の露出・腐食等の変状パターンごとに判定することになります。また、コンクリート床版の下面からの劣化度判定は、エフロッセンスおよびひび割れに着目した判定と、浮き・剥離に着目した判定を基にパネル別（主桁×横桁）の判定を行い、この判定を用いて後述する健全度評価を行います。

3.2 健全度評価

個別判定の結果に基づき、主要な部材の変状が構造物の機能に及ぼす影響を評価するものとして健全度評価があります。前節で説明しました個別判定は、個々の変状の程度や第三者等被害への影響度を把握・評価するものであり、構造物全体への影響を考慮しているものではありません。また、個別の変状に対してのみ措置を実施することは非効率な場合もあります。さらに、橋梁は、機能や役割の異なる多くの部材が複雑に組み合わされた構造体であり、部材単位の変状や機能障害が橋梁全体の性能に及ぼす影響は、構造形式等によって大きく異なります。以上のことから、橋梁の部材ごとに定められた評価単位で、主要な部材の変状が橋梁の機能に及ぼす影響を変状グレードとして評価することとしています（表 - 3、4）。

3.3 診断

最後に、個別判定または健全度評価に基づき、総合的な評価を行います。健全性の診断は、構造特性や環境条件、当該構造物の重要度等によって異なるため、個別判定や部材単位の健全度評価の結果を踏まえて、構造物ごとで総合的に判断することが必要です。一般には、構造物の性能に影響を及ぼす主要な部材に着目して、もっとも厳しい部材の健全性の診断結果で構造物の診断結果を代表させることができます。NEXCO 保全点検要領における健全度評価と国交省定期点検要領³⁾における健全度診断の関係を表 - 5に示します。なお、この結果は、法令により記録し、供用期間中保存することが定められています。

4. モニタリング⁴⁾

第2章および第3章では、NEXCOにおける点検から診

表 - 3 NEXCO における健全度評価の対象部材と評価単位

構造区分	部材	評価単位	備考
鋼橋	鋼桁	連 連における端部	
RC 橋・PC 橋	RC 桁, PC 桁 (外ケーブル・PC 定着部含む)	連 連における端部	
複合橋	鋼部材, コンクリート部材, 接合部	連 連における端部	
床版	RC 床版, PC 床版, 鋼床版, 鋼コンクリート合成床版	連 連における端部	
下部構造	橋台, 橋脚 (鋼製橋脚含む)	基	基礎は除く
支承	鋼製支承, ゴム支承	基	

表 - 4 NEXCO における健全度評価の区分

変状グレード	定義
IV	耐荷性能または走行性能の低下が生じている, または生じる可能性が著しく高く, 緊急措置が必要な状態
III -2	耐荷性能または走行性能の低下が生じる可能性が高く, 速やかな措置が必要な状態
III -1	耐荷性能または走行性能の低下が生じる可能性があり, 早期に措置が必要な状態
II -2	耐荷性能または走行性能に対する注意が必要で予防保全の観点から適切な時期に措置を行うことが望ましい状態
II -1	耐荷性能または走行性能に対する注意が必要で予防保全の観点から適切な時期に対策検討を行うことが望ましい状態
I	耐荷性能および走行性能の低下が無い状態

断までの流れとその内容について説明しました。近年, 点検や診断を補助する役割としてモニタリング技術が開発されていますので, 本章ではそれらについて説明します。

4.1 維持管理におけるモニタリングの位置づけ

モニタリングとは, 定期的 (あるいは継続的) にデータを取得して, それを比較することにより, 時間経過に伴う変状の発生や進行を把握する行為です。したがって, モニタリングは, 点検や診断に必要な情報を得るための有効な手段であり, 点検, 診断, 措置 (補修・補強), 記録のサイクルで定期的実施されている維持管理を補完する方法として業務の合理化が期待できます (図 - 2)。

点検を補助するモニタリングでは, 構造物にセンサー等を設置して, 構造物の振動, 変位・ひずみ, 内部応力の変化等を定期的・継続的に計測することにより異常箇所を抽出することを目的としています。通常の点検を合理化することにより維持管理コストの縮減効果が期待されます。

診断を補助するモニタリングでは, 構造物の健全性を評価するために, 構造物の振動, 変位・ひずみ, 内部応力等を計測することにより診断に必要な情報を取得することを目的としています。目視等による点検結果と併せて, これらのモニタリングデータを活用することで点検や診断業務

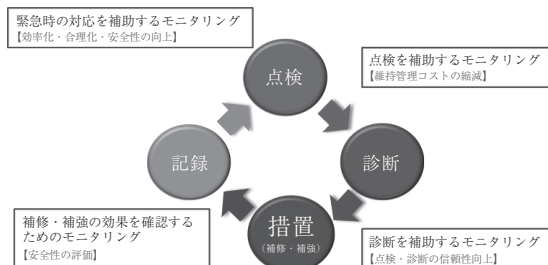


図 - 2 モニタリングの位置づけ

の信頼性向上に寄与します。

構造物が劣化や被災により損傷した場合に補修や補強を行います, それらの工法が適切であるか, あるいは期待された効果が発揮されているかを確認することは, 維持管理業務を確実にを行うために重要です。補修・補強の効果を確認するモニタリングでは, 補修・補強を行った構造物の再劣化の有無を把握し, 補修・補強後の性能を評価するのに必要な情報を取得することを目的としています。このほかに予防保全の効果を検証するために行うモニタリング等もこれに含まれます。

通常の点検とはべつに, 地震等の災害が発生した場合には, 速やかに構造物の被災状況を把握する必要があります。緊急時の対応を補助するモニタリングでは, あらかじめ構造物に設置したセンサー等によって, 変状の発生の有無, 損傷の程度等を迅速に把握することを目的としています。このモニタリングを採用することで, 緊急時の点検の効率化や合理化, 安全性の向上に寄与します。

4.2 RC 床版のモニタリング

モニタリング技術は, RC 床版 (図 - 3), コンクリート桁, 鋼桁, 塩害環境下のコンクリート構造物, 橋脚・基礎等対象とする構造物に応じたさまざまな技術が開発されていますが, 今回は, 道路橋床版の更新に関連する RC 床版のモニタリングについて説明します。

(1) RC 床版におけるモニタリングの位置づけ

RC 床版は, 活荷重が直接作用する部材であり, 交通に直接影響を及ぼす部材です。また, RC 床版は, ほかの部材と比較して部材厚が薄く鉄筋かぶり相対的に小さいことや表面積が大きいことから劣化因子の影響を受けやすい部材です。このように表面積が大きく損傷や劣化が顕在化しやすい RC 床版の点検・診断には多大な労力が必要となります。

表 - 5 健全性の道路法による分類

国交省定期点検要領における健全性診断区分		NEXCO 保全点検要領における健全度評価区分	
区分	状態	変状グレード	定義
IV 緊急措置段階	道路橋の機能が支障が生じている, または生じる可能性が著しく高く, 緊急に措置を講ずべき状態	IV	耐荷性能または走行性能の低下が生じている, または生じる可能性が著しく高く, 緊急措置が必要な状態
		III -2	耐荷性能または走行性能の低下が生じる可能性が高く, 速やかな措置が必要な状態
III 早期措置段階	道路橋の機能が支障が生じる可能性があり, 早期に措置を講ずべき状態	III -1	耐荷性能または走行性能の低下が生じる可能性があり, 早期に措置が必要な状態
		II -2	耐荷性能または走行性能に対する注意が必要で予防保全の観点から適切な時期に措置を行うことが望ましい状態
II 予防保全段階	道路橋の機能が支障が生じていないが, 予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	II -1	耐荷性能または走行性能に対する注意が必要で予防保全の観点から適切な時期に対策検討を行うことが望ましい状態
		I	耐荷性能および走行性能の低下が無い状態
I 健全	道路橋の機能が支障が生じていない状態		

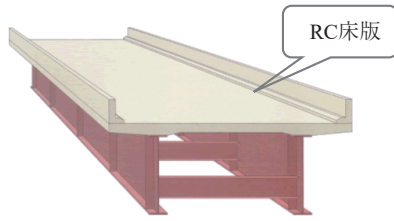


図 - 3 RC 床版

現状では、点検・診断は、基本的には5年に一度の近接目視による定期点検により行われていますが、点検者が都度変わる、点検者の判断が入る、近接目視に多大な費用がかかる、明らかに健全な箇所にも同じような点検を行っている等普遍性、診断の適切性、費用、効率性等に多くの課題があります。これらに対して現状の定期点検に加えてモニタリング技術を活用することにより、定期点検の課題の一部を解決することができます。

たとえば、普遍性についてはデジタルカメラによる画像撮影により、点検者が変わることによる影響を極力排除することができます。診断の適切性については加速度センサーによりRC床版の損傷程度をよりの確に評価することができます。また、供用に対する安全性が問題になるような損傷状況においては常時監視が必要になりますが、このような場合にもモニタリング技術が有効です。このように、定期点検に加えてモニタリング技術を活用することや常時監視にモニタリング技術を用いることにより、合理的なRC床版の維持管理が可能になります。

(2) RC床版におけるモニタリング技術

RC床版に適用するモニタリング技術は、着目点(対象となる損傷)に応じたさまざまな技術が開発されています。対象とする損傷には、ひび割れ、抜け落ち、たわみ、プレキャストPC床版の接合部の目開き、構造性能の低下等があり、それぞれ、画像データや光ファイバー、変位計等を用いてモニタリングします。ここでは、床版取替え後のプレキャストPC床版の接合部に着目したモニタリング技術について紹介します。

(3) プレキャストPC床版の接合部におけるモニタリング

RC床版の劣化が著しい橋梁では、プレキャストPC床版への床版取替え工事を実施します。その床版取替え工事では、プレキャストPC床版同士を繋ぐ接合部は場所打ちコンクリートで施工します。場所打ちとなる接合部では、とくに変状が発生する可能性が高く、また、接合部は橋軸方向に連続して複数存在することから、接合部での変状の発生やその位置を効率的にモニタリングすることが必要です。

プレキャストPC床版の接合部のモニタリング技術として光ファイバーを用いた技術があります(写真-1, 2)。このモニタリング技術は、接合部を跨ぐように床版下面に光ファイバーを固定して、光ファイバーに沿ったひずみの分布を定期的にモニタリングするものです。接合部の変状の発生やその位置を、光ファイバーに沿ったひずみ分布計測結果をもとに把握することによって、重点的に近接目視をすべき箇所や早期に措置すべき箇所等をスクリーニング

することで、点検業務を効率化することを目的としています。

計測された結果は、あらかじめ決めておいた管理値で評価します。その管理値を超えた場合は、近接目視による点検や補修による措置を行うことになります。

5. おわりに

第9回では、構造物の維持管理サイクルのうち、主に点検・診断とそれを補助する役割のモニタリングについて説明させていただきました。維持管理は道路管理者以外の読者にはあまりなじみのない分野かと思えます。新設事業が減少し、保全事業が増大する近年では、非常に重要な分野の一つです。本稿が、構造物の維持管理を理解するための一助となれば幸いです。



床版下面の様子

写真 - 1 床版取替え実施例 写真 - 2 光ファイバー

6. むすびに

62巻2号から連載をはじめました「道路橋床版更新における基礎知識」は、今回の第9回をもって最終回となりました。以下に連載講座の掲載一覧を記し、むすびといたします。次回からは「PC技術の適用事例を学ぼう」と題して、さまざまな構造物に利用されているPC技術について紹介します。次号からの講座にご期待ください。

「道路橋床版更新における基礎知識」

62巻2号第1回	高速道路の特定更新等事業と床版取替え工事
62巻3号第2回	既設構造物の変状(その1)
62巻4号第3回	既設構造物の変状(その2)
62巻5号第4回	調査・計画
62巻6号第5回	鋼部材の診断・対策
63巻1号第6回	プレキャストPC床版の設計
63巻2号第7回	床版の疲労耐久性評価
63巻3号第8回	更新工事の施工
63巻4号第9回	道路構造物の維持管理

参考文献

- 1) 東・中・西日本高速道路(株): 保全点検要領, 2021.4
- 2) 東・中・西日本高速道路(株): 設計要領第二集橋梁保全編, 2020.7
- 3) 国土交通省道路局: 道路橋定期点検要領, 2019.2
- 4) モニタリングシステム技術研究組合: 土木構造物のためのモニタリングシステム活用ガイドライン(案), 2019.12

【2021年4月28日受付】